

# آیا توربینها برای کار با LNG وارداتی به عملیات پر هزینه تجهیز مجدد نیاز دارند؟

باربارا ژوت  
معاون شرکت «دیویس رایت ترمین PLL»

نگاه کارشناسی

با توجه به روند کاهش ذخایر داخلی گاز طبیعی و روند افزایشی تقاضا برای گاز، کمبود گاز در آمریکا به گونه‌ای فزاینده با واردات گاز طبیعی مایع (LNG) برطرف خواهد شد. بیش از ۴۰ پایانه دریافت گازسازی مجدد LNG در سه کرانه ساحلی آمریکا در مراحل مختلف ساخت است اما همچنان پرسشهای بی‌پاسخ بسیاری درباره آثار واردات بیشتر LNG در بهره‌برداری و آلاینده‌های توربینهای کنونی گازسوز که پاک‌تر است وجود دارد.

## رسیدگی FERC

تمام عرضه کنندگان گاز در هر جایی که باشند باید مشخصه‌های کیفیت خط لوله را که در تعرفه‌های تأیید شده توسط FERC مطرح می‌شوند رعایت کنند. هر بهره‌بردار خط لوله نیز برای اثبات این که «کیفیت خط لوله» را رعایت کرده است، اصطلاح شناسی، استانداردها، کنترلرها و شرایط خاص خودش را دارد.

این نظام تا هنگامی که قیمت گاز در دهه ۱۹۹۰ رو به افزایش نگذاشته بود، کارساز بود. عرضه کنندگان گاز داخلی، مایعات گاز طبیعی (بوتان، پروپان و اتان) را به قصد فروش جداگانه آنها از گاز جدا می‌کردند. اما با افزایش قیمتها جدا نکردن این مایعات، سود بیشتری داشت. به این ترتیب محتوای BTU گاز افزایش یافت و قابلیت خروج مایعات هیدروکربن به هنگام عبور گاز افزایش یافت. خروج مایعات هیدروکربن هم برای بهره‌برداری و نگهداری خط لوله‌ها مشکل ایجاد می‌کند و به توربین - ژنراتور نیز آسیب می‌رساند.

پیشنهادی ساخت دهه‌ها پایانه LNG که گازهای دارای ارزش گرمایی بیشتر به دست می‌دادند نیز مشکلات کیفیتی گاز جدید را بیشتر در کانون توجه قرار دادند. FERC برای رسیدگی به این مشکلات و کاهش موانع باقوة افزایش قابل پیش‌بینی واردات LNG «به این نتیجه رسید که کیفیت گاز و استانداردهای قابلیت تعویض افزایش یابد و برای همین در ۱۵ ژوئن ۲۰۰۶ بیانیه خط مشی قابلیت تعویض و کیفیت گاز را صادر کرد. در این بیانیه استاندارد کشوری ثابتی برای کیفیت گاز تعیین نشده است که جانشین استانداردهای موجود یعنی تعرفه‌های خط لوله شود. در عوض FERC چارچوب پنج اصل یا رهنمود برای اصلاح مورد به مورد تمام مشخصه‌های کیفیت خط لوله را مشخص کرد.

در یکی از این پنج اصل FERC طرفهای دست‌اندرکار را به شدت تشویق کرده است تا از رهنمودهای عددی شورای گاز طبیعی به اضافه (+NGC) به عنوان مرجع علمی مشترک برای حل و فصل موضوع قابلیت تعویض و کیفیت گاز استفاده کنند. دو گزارش +NGC (یکی درباره قابلیت تعویض و دیگری درباره خروج مایعات هیدروکربن) را یک گروه صنعتی، زیر نظر شورای گاز طبیعی تهیه و در اوایل سال ۲۰۰۵ آن را به FERC تسلیم کردند. در این دو گزارش یافته‌ها و توصیه‌هایی عرضه شده است. فرایند پژوهش بیشتر درباره این موضوعات به تفصیل عرضه شده و تا کامل شدن پژوهشها و بررسیهای دیگر رهنمودهای موقت ارائه شده است.

## اهدای وجود ندارد؟

در رهنمودهای موقت +NGC پیشنهاد شده است که از محدوده ۴ درصد میانگین شاخص وابه پیشین و محلی

کمسیون فدرال تنظیم مقررات انرژی (FERC) که تنظیم مقررات شبکه‌های خط لوله گاز طبیعی ایالات متحده را به عهده دارد به این تصمیم رسیده است که افزایش واردات گاز طبیعی مایع (LNG) بهترین راه برای افزایش عرضه گاز و تعدیل قیمتهاست. پنج سال پیش ظرفیت کل LNG در ایالات متحده به ۴ میلیارد فوت مکعب در روز رسید. FERC بین سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ برای ۱۲ میلیارد فوت مکعب دیگر ظرفیت LNG مجوز داد و در ژوئن گذشته (در یک روز) برای پروژه‌هایی به ظرفیت کل ۹/۷ میلیارد فوت مکعب مجوز صادر کرد. پیش‌بینی می‌شود که واردات LNG تا سال ۲۰۲۵ با رشد سالیانه چشمگیر ۱۶ درصد افزایش یابد.

FERC ساخت پایانه‌های جدید دریافت LNG را تشویق کرده است. اما در رسیدگی به مشکلات چشمگیر زیست‌محیطی و بهره‌برداری ناشی از ورود گاز وارداتی به شبکه‌های موجود انتقال و توزیع گاز در ایالات متحده کند بوده است. مشکل ژنراتورها را در یک کلام می‌توان خلاصه کرد: ژنراتورها به سوزاندن گاز طبیعی تولید داخل خو گرفته‌اند و LNG وارداتی از لحاظ کیفیت، تفاوت فراوانی با گاز طبیعی داخلی دارد.

## داغ تر بهتر است؟

در کل LNG وارداتی دارای محتوای BTU بسیار بالاتری در مقایسه با گاز داخلی است. در نتیجه FERC باید توجه کند که خروجی پروژه‌های جدید تا چه حد با گاز عرضه شده از لوله‌های تحویل گاز تعویض‌پذیر است و همچنین ترکیب آنها چه تأثیری در کاربران نهایی و به‌ویژه توربینهای احتراقی می‌گذارد.

شاخص وابه (wobbe) یکی از معیارهای رایج برای سنجش این قابلیت تعویض است که مبتنی بر ارزش گرمایی و وزن مخصوص نسبی گاز است. طبق بررسی آماری سال ۱۹۹۲ شاخص وابه برای اکثر گازهای داخلی بین ۱۳۳۱ تا ۱۲۵۷ است و همچنین تمام گازهای این گستره قابل تعویض با هم نیستند. در ضمن طبق این بررسی در نواحی خاصی از آمریکا محدوده شاخص وابه بسیار تنگ‌تر است. شاخص وابه برای گازهای وارداتی بسیار بیشتر است و حداکثر آن از ۴۱۰۰ فراتر نمی‌رود.

سازندگان توربینهای گازی براساس سابقه‌ای که از محدوده شاخص وابه در محل مورد نظرشان دارند اجزای هر واحد (به ویژه سوخت‌پاشها) را طراحی می‌کنند. برای وارد کردن LNG دارای شاخص وابه بالاتر به خط لوله تغذیه یک ایستگاه، در اغلب موارد باید سوخت پاشهای قدیمی را با صرف هزینه سنگینی عوض کرد و گرگنه احتراق و تخلیه بهینه به دست نمی‌آید.

استفاده شود. به طوری که از ۱۴۰۰ فراتر نرود. البته در یکی از رهنمودهای +NGC استفاده از مقررات موقتی این شورا را مالکان توربینهای احتراقی گازسوز (و به ویژه مدل‌های جدیدتر کم‌آلاینده خشک) تأیید کرده و در آن خاطر نشان شده است که کاربرد عدد وابه محدودیت‌هایی دارد و برای رسیدگی به عملکرد احتراق، آلاینده‌ها و الزامات غیراحتراقی، مشخصات دیگری لازم است.

در این گزارش همچنین خاطر نشان شده است که پژوهش درباره مدیریت قابلیت تعویض که اساس رهنمودهای موقت است حتی شامل فناوری احتراق دارای آلاینده‌های کم نمی‌شود. در این گزارش آمده است که پژوهش بیشتر لازم است تا «حدود ترکیبی گاز طبیعی تعریف شود و بتوان بر اساس آن رهنمودهای دائمی مربوط به قابلیت تعویض را برای طرحهای احتراقی دارای آلاینده‌های کم و کارایی زیاد تدوین کرد. «مهمترین نکته این است که در گزارش +NGC تأکید شده است دوره انتقالی به کارگیری رهنمودها نباید بیش از سه سال باشد و طی این مدت باید کمبودهای داده‌های برطرف شود.

تاکنون فقط در یک نشست FERC به کاربرد رهنمودهای موقت +NGC و بیانیه خط مشی کمسیون در شرایط جهان واقعی و استخراج رهنمودهای کیفیتی مختص خط لوله‌ها پرداخته شده است. در سال ۲۰۰۴ شرکت «AES اوشن اسپرس» شکایتی علیه شرکت انتقال گاز فلوریدا (FGT) تسلیم کرد که در مورد استانداردهای قابلیت تعویض و کیفیت گاز مربوط به گازسازی مجدد LNG توسط AES در پایانه باهاماس و تزریق آن به خط لوله FGT بود. در آوریل سال ۲۰۰۶ قاضی حقوق اداری (ALJ) کمسیون FERC استانداردهای پیشنهادی FGT را تأیید کرد که باید به تصویب نهایی FERC برسد.

ALJ با اتکال زیاد به رهنمودهای موقتی به این نتیجه رسید که محدوده پیشنهادی ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۶ شرکت FGT برای شاخص وابه امکان می‌دهد تا تمام توربینهای احتراقی موجود DLE تغذیه شده با خط لوله‌های مذکور با رعایت ایمنی کار کنند. اما نکته مهمتر این بود که قاضی به این نتیجه رسیده بود که مجموعه شواهد کافی برای حمایت از اعمال استانداردهای دائمی قابلیت تعویض و کیفیت گاز به FGT وجود دارد. در حالی که هیچ پژوهشی برای مستندسازی آثار چنین حدودی در توربینهای احتراقی DLE انجام نگرفته بود. عرضه کنندگان LNG از قاضی به دلیل آن که نپذیرفت تا فقط رهنمودهای موقت +NGC را به کار ببندد انتقاد کردند و رهنمودهای موقت +NGC را یافته‌ها و توصیه‌های موقتی همراه با آن را تا حد «توصیه‌ای» جماعی صنعت گاز طبیعی و منتج از فرایند آغاز شده توسط کمسیون» ارتقا دادند.

نیروگاه‌های گازسوز شرکت «جنکوس» هم دچار همین تصمیم‌گیری شد، زیرا پیروی از حدود مندرج در گزارش +NGC را انتخاب کرده بود. آنها نیز از تصمیم قاضی ALJ انتقاد کردند زیرا تمام مستندات و شواهدی که نشان می‌داد مشخصات کلی طراحی توربینهای DLE

به گونه‌ای چشمگیر سفت و سخت‌تر از شرایط واقعی بهره برداری است نادیده گرفته بود.

### یابمادهای هزینه‌ای چشمگیر

این شواهد نشان می‌داد که توربین احتراقی DLE با آن که می‌تواند گاز دارای محدوده وسیع شاخص وابه را بسوزاند همین که نصب شود و برای کار با گازی دارای شاخص وابه معینی تنظیم شود گستره کاری ایمن آن به گونه‌ای چشمگیر کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که قاضی ALJ در درک گزینه‌های این شواهد دچار بدفهمی شده و آن وجوه را ناچیز شمرده است، زیرا حالت «مقدماتی صرف» داشتند. در عمل، در پاییز سال ۲۰۰۵ (در آستانه رسیدگی به پرونده AES) پژوهش‌های علمی ناچیزی درباره آثار واقعی تنوع بهره‌برداری از توربینهای DLE صورت گرفته بود. پیش‌بینی این که FERC چه حکمی درباره تصمیم مقدماتی قاضی ALJ صادر می‌کند غیرممکن است. اما اگر از رهیافت ALJ حمایت کند برای بهره‌برداران توربینهای DLE در سراسر کشور تبعات اقتصادی نامطلوبی خواهد داشت. شواهد ارائه شده در نشست بررسی پرونده‌های مذکور نشان می‌دهد که ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ دلار باید هزینه شود تا توربین DLE در سوزاندن گازی با ارزش گرمایی دیگر به اوج کارایی خود برسد. چنین کاری چند روز زمان می‌برد، به نیروی کار زیادی نیاز دارد و اگر واحد موردنظر جزو ناوگانی دارای پراکندگی مکانی باشد از لحاظ پشتیبانی هم مسئله ساز است.

شواهد ارائه شده همچنین نشان داد که اگر توربین DLE به طور متناوب از گاز داخلی و وارداتی استفاده کند تنظیم مجدد آن به طور دستی ناممکن خواهد بود. تجهیز مجدد به منظور فراهم‌سازی امکانات تنظیم مجدد خودکار نیز هزینه بیشتری به بار می‌آورد که بین ۱ تا ۵ میلیون دلار برای هر توربین است. در ضمن این شواهد نشان می‌دهد چنین نوساناتی در پایداری عملیاتی واحدها و قابلیت همسازي آنها با استانداردهای مبارزه با آلودگی هوا که هر دم سفت و سخت‌تر می‌شوند اثر معکوس می‌گذارد. در نهایت ممکن است نیروگاه به واسطه این شرایط مجوز کیفیت هوا را نقض کند، بیشتر دچار قطعی شود یا به توربینها آسیب جدی وارد شود.

گروه‌های هوادار محیط زیست نیز نگرانیهای مشابهی در مورد آثار بالقوه LNG وارداتی در کیفیت هوا مطرح کرده‌اند و کفایت تجزیه و تحلیل‌های FERC درباره آثار زیست محیطی واردات LNG و حمل و نقل LNG گازی شده مجدداً در پایانه «باجا کالیفرنیا» متعلق به شرکت «سمپرا انرژی» را زیر سؤال برده‌اند. تمام این گروه‌ها معتقدند که FERC باید اثر گازهای «داغ‌تر» در کیفیت هوا را به صورت جامع‌تری بررسی کند.

به تازگی نیز در طرح شرکت خط لوله گاز طبیعی امریکا (نچرال) شرکت «FPL انرژی» در مورد استانداردهای کیفیت گاز پیشنهادی شرکت نچرال (که باز هم بر اساس رهنمودهای موقت NGC مدل سازی شده است) اظهار نگرانی کرده است. زیرا توربینهای احتراقی DLE جدیدتر این شرکت که توسط سازمان شرکت نچرال تغذیه می‌شوند، نسبت به واحدهای متعارف پختنی - شعله‌ای در قبال تغییرات کیفیت سوخت گاز حساسیت بیشتری دارند. شرکت «FPL انرژی» مدعی است افزایش گستره شاخص وابه در سازمان شرکت نچرال که در طرح پیشنهادی این شرکت مشاهده می‌شود، از بهره‌برداری این واحدها طبق مشخصات طراحی جلوگیری می‌کند.

### به دنبال پول

رهنمودهای عددی NGC+ ماهیت موقت دارند و با این هشدار صریح ارائه شده‌اند که درباره مجموعه‌ای از

موضوعات شامل اثرگذاری در توربینهای احتراقی DLE باید تحقیقات بیشتری انجام گیرد. اما صحنه گذاشتن FERC بر این رهنمودها که در بیانیه خط مشی در ژوئن ۲۰۰۶ صورت گرفت به آنها اعتبار بخشید و می‌تواند مدت کاربرد آنها را از دوره سه ساله فراتر ببرد. در حمایت از این نتیجه گیری شواهدی هم وجود دارد. مثلاً ALJ در پرونده AES کاری کرده است که استانداردهای جدید FGT برای کیفیت گاز حالت دائمی پیدا کند که در این صورت استفاده از محدوده‌های وسیع‌تر برای شاخص وابه مجوزی پیدا می‌کند که مبتنی بر رهنمودهای موقت است.

شرکت «جنکوس» در پی باریک‌تر کردن محدوده شاخص وابه است تا بتواند از توربینهای احتراقی DLE بهتر بهره‌برداری کند. اما بعید است که FERC لزوم چنین کاری را بپذیرد مگر آن که مستندات محکمی ارائه شود که نشان دهد تغییرات سوخت در عملکرد توربین یا کیفیت هوا اثر محسوسی می‌گذارد. مشخص نیست که مثلاً اگر تغییرات سوخت به نقض مجوز کیفیت هوا در ایستگاهی منجر شود و عرضه گاز هم از طریق خط لوله مطابق با مشخصات کیفیتی جدید باشد شرکت «جنکوس» اقدامی علیه سازنده توربین انجام می‌دهد یا خیر.

بعید است که اکثر بهره‌برداران خط لوله‌ها در پی رعایت مشخصات سفت و سخت‌تر برای کیفیت گاز باشند. برخی هم اکنون نیز شاخه‌ای از شرکت‌هایی هستند که سهم اقتصادی چشمگیری در افزایش واردات LNG دارند. مثلاً بخشی از سهام FGT، همان بهره‌بردار خط لوله که نامش در پرونده AES به میان آمد به شرکت «ساوترن یونیون»

حالت دائمی پیدا می‌کنند.

### لزوم پژوهش‌های بیشتر

اگر مالکان و سازندگان توربینهای احتراقی DLE امیدوارند که بتوانند روند اوضاع را تغییر دهند باید وقت و پول بیشتری صرف مستندسازی و اثبات نگرانیهای فرضی امروزی و آثار منفی آنها در کاربران نهایی کنند. ناچیز شمردن بررسیهای مقدماتی توسط ALJ در پرونده AES نیز نشان داد که برای بررسی آثار واقعی این تحولات در عملکرد توربینهایی که در دایره تغییرات ۴ درصد برای شاخص وابه به کار می‌روند و سایر وجوه رهنمودهای موقت NGC+، افزایش پژوهشها ضروری است.

نگرانیها درباره آثار منفی این تحولات در توربینهای گازی DLE در بررسی اکتبر ۲۰۰۶ آزمایشگاه ملی فناوری انرژی (NETL) وزارت انرژی آمریکا نیز مشهود است. طبق این بررسی، شاخص وابه شاخصی کافی برای عملکرد این گونه توربینها نیست و در آن نه آثار مذکور اندازه‌گیری شده است و نه انتقادی از رهنمودهای موقت NGC+ به عمل آمده است. اگر NETL بخواهد بررسی دیگری در این باره انجام دهد باید هم سازندگان و هم کاربران توربینهای احتراقی DLE در آن نظارت یا مشارکت مستقیم داشته باشند و به خصوص باید با سایر گروه‌های غیر دولتی رایزنی صورت گیرد تا عینیت بررسی تضمین شود. در بررسی غیر جامع اکتبر ۲۰۰۶ آزمایشگاه NETL در زمینه «حمایت صنعت» هم فقط از انجمن عرضه گاز طبیعی نام برده شده است (گروه تولیدکننده گاز که در پی تسهیل استانداردهای کشوری کیفیت گازهای خط لوله‌هاست). بررسیهایی نیز که



با حمایت بخش خصوصی توسط سازندگان و شرکت‌های برق صورت گیرد، ممکن است مفید باشد. در گزارش NGC+ آمده است که فراه سازی حدود مشخصات قابلیت تعویض ممکن است کاهش قابلیت اطمینان، افزایش آلودگی، کاهش ایمنی توربینهای احتراقی DLE و افزایش هزینه برق برای مصرف کنندگان را در پی داشته باشد. در عین حال خاطر نشان شده است که محافظه کاری بی‌مورد در تعیین مشخصات قابلیت تعویض به کمبود عرضه کمک می‌کند که در نهایت قیمت خرده فروشی برق را افزایش می‌دهد.

در این گزارش همچنین خاطر نشان شده است که به طور معمول در مبدأ عرضه یا پیش از تحویل گاز به خط لوله است که می‌توان قابلیت تعویض را به بهترین وجه مدیریت کرد. البته FERC نیز به نوعی مسئله مسئولیت را دور زده است و با درخواست گروه‌های کاربران نهایی مبنی بر آن که بهره‌برداران خط لوله باید «قابلیت تجاری» فرآوردهای را که حمل و نقل می‌کنند تضمین کنند، مخالفت کرده است. بنابراین در نهایت سازندگان و کاربران توربین DLE هستند که به احتمال زیاد باید هزینه بالقوه و چشمگیر تغییرات سوخت را به دوش بکشند مگر آن که آثار منفی تغییرات سوخت را مستندسازی کنند و با استفاده از این شواهد FERC را متقاعد کنند تا رهیافت خود در بیانیه خط مشی ژوئن ۲۰۰۶ را اصلاح کند. ■ منبع: ماهنامه Power